

TITLE OF THE INVENTION

Imaging Apparatus

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

5 This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Applications No. 2000-183310, filed June 19, 2000, No. 2000-188030, filed June 22, 2000, and No. 2000-188031, filed June 22, 2000, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

1 Field of the Invention

本発明は、階調（ガンマ： γ ）特性を切り換え可能な撮像装置に係り、特に、階調特性を切り換えることができる露出制御の改良をはかった撮像装置に関する。

また、この発明は、CCD等の撮像素子(Image Pickup Device)を用いた撮像装置に係わり、特に画素(pixel)の加算により感度(sensitivity)の向上を図った撮像装置に関する。

2 Description of the Related Art

20 近年、CCD等の撮像素子により被写体の静止画像(still pictures or image)を撮像して映像信号に変換する撮像装置が盛んに開発されている。このような撮像装置において、階調特性（被写体輝度－出力信号レベル特性）を切り換えることができるものが知られている。具体的には、例えば、放送用TVカメラ、或いは、いわゆる工業用カメラ（ITV）では、「ガンマ切り換え」などと称してその階調特性を標準設定モード（ $\gamma = 0.45$ ）及びリニア特性設定モード（ $\gamma = 1$ ）のいずれか一つに設定することができる。

ここで、 γ （ガンマ）値とは、周知のとおり入出力特性の線形（リニア）からの乖離に着目して、入力 x と出力 y との関係が式で近似表現した場

合に $y = a \times x^\gamma + b$ (a , b は定数) となるような指数である。従って、 $\gamma = 1$ の時に入出力は、比例関係にある。なお、 b は、ペデスタル、或いは、オフセット分に相当することから、 γ 値とは分離して別途考慮されることが多い。

5 $\gamma = 0.45$ は、放送における標準方式の値であり、再生系の階調特性を考慮して総合的な高画質（鑑賞目的や視覚的に良好な画質）を得るための値として選定されている。これに対して、 $\gamma = 1$ は、計測目的やカメラの調整において、階調変換回路に起因する誤差要因を排除するための値として選定される。

10 上記カメラに対してしばしば自動露出制御が採用される。一般に、この制御では、撮像素子からの出力であって、通常「 γ 変換回路」と呼ばれる階調変換回路に入力される前のリニア信号がその制御対象とされる。このような制御方法によれば、撮像素子のダイナミックレンジに直接対応する最適な露出制御が可能であるとされている。

15 ところで、近年、このような電子撮像装置の内、特に、静止画像(still picture)を記録する電子スチルカメラが所謂「デジタルカメラ」として広く普及するに至り、放送用TVカメラや工業用カメラとは異なる意味での階調特性の切り換えの必要性が求められている。即ち、銀塩写真にも匹敵する、鑑賞用の高画質な画像を求めるために、使用者の好みやシーンの状況に応じて最適な階調を選択的に設定できるデジタルカメラの実現が望まれている。

20 一方、これら銀塩写真相当の写真撮影を目指すデジタルカメラにおいては、銀塩写真についての経験者の使用に耐え得ることが当然の要件となるため、銀塩写真と同等のスペックや操作性（いわゆる使い勝手）が要求されるという背景もある。このため、例えばデジタルカメラの「感度」を従来の銀塩フィルムのそれに習って、いわゆる「ISO表示」することが試みられている。

25 このような試みの一つとして、「テレビジョン学会技術報告／吉田：デジタルカメラの感度（スピード）表示法の検討：ITE Technical Report

Vol.20, No.58, PP.85~90. CE'96-25(Nov, 1996)」がある。この感度表示法
の中で採用された測定法は、「デジタルカメラが記録するデジタル値の中
間域（良好な階調再現域）の中に規定した所定値（提案値 $106.5/2$
 55 ）を与えるような露光量」をもって感度を規定するものである。この
5 測定法を用いて求められた「感度」が同一のカメラは、測定基準に対応す
る所定の露光量で撮影する場合には、同一のデジタル信号出力が得られる
。

なお、この提案がいわゆる「ISO表示」に相当するといえるかどうか
については、別の議論が必要であるが、この文献における提案のような「
10 感度」自体は、「同じ明るさ（出力レベル）の画像を得るために必要な露
光量を示す指標」であるから極めて有意である。また、以下の説明で特に
断りなく感度と記した場合は、この文献に記載される感度（但し、上記「
所定値の数値」は問わない。）を指すものとする。

上記したように使用者の好みやシーンの状況に応じて階調特性を切り換
えて階調が選択される場合には、撮像系のゲインは一定のままであっても
15 、その階調特性の変化によって上記感度が変化してしまい、そのために得
られる出力レベルが変化してしまう問題がある。

詳述すれば、階調特性を変化させることから、被写体の輝度分布全体に
対して等しい出力レベルを得ることは、もとより不可能である。しかしな
20 がら、被写体の輝度分布の平均的な、或いは、代表的な部分について考え
た場合、言い換えれば主要な被写体についてだけ考えれば、これに対する
出力レベルは、階調特性を切り換えても変化しないようにすることが望ま
しい。ところが、従来のデジタルカメラは、このことを配慮していないこ
とから、上記したような出力レベルが大きく変化してしまう問題がある。

25 また、感度の向上に関しては、このような撮像装置において、動画撮像
装置であっても静止画撮像装置であっても、撮像素子の隣接する画素情報
の加算、例えば、垂直方向2画素と水平方向2画素の合計4画素の信号を
加算することによって、解像度は低下されるものの、感度の向上を図るこ
とができるとされている。

この種の加算の具体的な方法としては、外部デジタル加算方式及び素子内アナログ加算方式等が知られている。外部デジタル加算方式では、撮像素子から画素信号が通常の方法で1画素毎に読み出され、その後、例えば、A/D変換してデジタル系で画素信号が加算される。また、素子内アナログ加算方式では、撮像素子内でCCD撮像素子の転送駆動を工夫し、転送路内で電荷が加算される。この両方式を比較すると、アナログ加算方式の方がフレームレートも向上できるという点では優れている。

ところが、実際にこの技術を電子カメラに適用しようとする、一応感度を向上することができるものの、感度の向上に伴ってノイズが増加するなど、単なる画素数減少による解像度劣化にとどまらない画質劣化を生じる場合がある。

この点に関して、例えば、4画素加算の場合に4倍の感度が得られるとした記載も従来の公開文献にも見られるが、これはノイズまで考慮した場合には正しいとは言えない。何故なら、この画素加算におけるノイズ改善効果、即ち、SN向上度は、ランダムノイズの統計的性質から加算数の平方根に比例することが知られ、4画素加算にあつては、SN2倍（即ち6dB）が期待できるのみである。従つて、画質、即ち、ノイズレベルを保ったままで撮像する場合には、感度2倍、即ち標準の1/2露光量での撮像までが限界となる。仮に、4倍の感度を得るために1/4露光量で撮像して4画素加算した場合、信号成分Sは $1/4 \times 4 = 1$ 倍、ノイズNは、 $1 \times \sqrt{4} = 2$ 倍となりSNは6dB劣化してしまう。

そこで、4画素加算に関して1/2露光量で露光される場合を考えるが、素子内アナログ加算方式の場合は、A/Dコンバータでの飽和の問題がある。即ち、加算が実行される場所である水平転送路或いは撮像素子出力アンプの最大出力レベルに制限がないとすれば、1/2露光量の4画素加算では、 $1/2 \times 4 = 2$ 画素分の電荷量、即ち、2倍の出力電圧を取り扱う必要が生じる。従つて、従来の通常の1画素素子分の電圧に対応するA/Dコンバータをそのまま用いた場合は、A/D入力電圧がA/Dの量子化最大電圧を超えるため信号がクリップされてしまう。

この場合、A/Dコンバータでの量子化に際してクリップが発生しないためには、A/Dの最大量子化レベル(Dmax)は、従来の2倍を想定して設定される必要が生じる。このように設定すれば、確かに飽和の問題は避け得る。しかしながら、通常の非加算時には、CCD出力信号の最大値は、Dmax/2になってしまい、それ以上のデジタルビットは無駄になってしまう。言い換えれば、相対的な量子化誤差が理想状態の2倍に増えてしまう問題がある。

なお、この問題を回避するためには、A/Dコンバータの量子化誤差自体を小さくしてもよいが、これは言い換えれば本来必要なビット数よりも大きなビット数のA/Dコンバータが必要となるものであり、コスト増加を伴うために好ましくない。

このように従来、撮像装置の感度向上のために、画素加算を実行すると、アナログ加算方式の場合は、A/D入力電圧がA/Dの量子化最大電圧を超えるため信号がクリップされてしまい、画質劣化を生じてしまう問題がある。

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

この発明の目的は、階調特性を切り換えた場合にも感度や出力レベルを一定に保つことのできる撮像装置を提供することにある。

また、この発明の目的は、アナログ加算方式の画素情報加算による感度向上撮影が可能で、且つA/Dコンバータにおけるクリップによる画質劣化を防止し得る撮像装置を提供することにある。

この発明によれば、

被写体からの光線を受けて被写体画像が形成され、この画像をオリジナル画像信号に変換する撮像素子と、

第1及び第2の階調モードの一方を指定する指定手段と、

この指定されたモードに従って前記撮像素子からのオリジナル画像信号を出力画像信号に変換する変換手段であって、前記出力画像信号は、第1階調モードの指定では、第1の階調を有し、第2階調モードの指定では、第2の階調を有する変換手段と、及び

前記指定手段での一方モードの指定に従って前記変換手段に入力されるオリジナル画像信号のレベルを調整する調整手段であって、前記第1及び第2階調モードの指定にあっても、前記変換手段から出力される出力画像信号の平均的レベルを略一定レベルに保つ調整手段と、

5 から構成される被写体を撮影する撮像装置

が提供される。

また、この発明によれば、

被写体からの光線を受けて被写体画像が形成され、この画像をオリジナル画像信号に変換する撮像素子と、

第1及び第2の階調モードの一方を指定する指定手段と、

この指定されたモードに従って前記撮像素子からのオリジナル画像信号を出力画像信号に変換する変換手段であって、前記出力画像信号は、第1階調モードの指定では、第1階調特性曲線によって規定された第1の階調を有し、第2階調モードの指定では、第2階調特性曲線によって規定された第2の階調を有する変換手段と、及び

前記指定手段での一方モードの指定に従って前記変換手段に入力されるオリジナル画像信号の平均的レベルを略一定レベルの露出制御目標値に保つ調整手段と、

から構成される被写体を撮影する撮像装置において、

20 前記第1及び第2の階調特性曲線は、互いに交差し、この交差点の前記階調変換特性の入力側における値は、前記露出制御目標値にほぼ相当する撮像装置

が提供される。

更にまた、この発明によれば、

25 被写体から送られた光線を受け入れて被写体画像を形成し、この画像をオリジナル画像信号に変換する撮像工程と、

第1及び第2の階調モードの一方を指定する指定工程と、

この指定されたモードに従って前記オリジナル画像信号を出力画像信号に変換する変換工程であって、前記出力画像信号は、第1階調モードの指

定では、第 1 の階調を有し、第 2 階調モードの指定では、第 2 の階調を有する変換工程と、

前記指定されたモードに従って前記変換工程に入力されるオリジナル画像信号のレベルを調整する調整工程であって、前記第 1 及び第 2 階調モードの指定にあっても、前記変換工程から出力される出力画像信号の平均的
5 レベルを略一定レベルに保つ調整工程と、

から構成される被写体を撮影する撮像方法
が提供される。

また、更にこの発明によれば、

被写体からの光線を受けて被写体画像を形成し、この画像をオリジナル画像信号に変換する画像形成工程と、

第 1 及び第 2 の階調モードの一方を指定する指定工程と、

この指定されたモードに従って前記オリジナル画像信号を出力画像信号に変換する変換工程であって、前記出力画像信号は、第 1 階調モードの指定では、第 1 階調特性曲線によって規定された第 1 の階調を有し、第 2 階調モードの指定では、第 2 階調特性曲線によって規定された第 2 の階調を有する変換工程と、及び
40

前記指定工程での一方モードの指定に従って前記変換工程におけるオリジナル画像信号の平均的レベルを略一定レベルの露出制御目標値に保つ調整工程と、
20

から構成される被写体を撮影する撮像方法において、前記第 1 及び第 2 の階調特性曲線は、互いに交差し、この交差点の前記階調変換特性の入力側における値が前記露出制御目標値にほぼ相当させる撮像方法
が提供される。

よりまた、この発明によれば、
25

被写体からの光線を受けて被写体画像を形成し、この画像をオリジナル画像信号に変換する画像形成工程と、

第 1、第 2 及び第 3 の階調モードの一方を指定する指定工程と、

この指定されたモードに従って前記オリジナル画像信号を出力画像信号

に変換する変換工程であって、前記出力画像信号は、第1階調モードの指定では、第1階調特性曲線によって規定された第1の階調を有し、第2階調モードの指定では、第2階調特性曲線によって規定された第2の階調を有し、第3階調モードの指定では、第3階調特性曲線によって規定された第2の階調を有する変換工程と、

から構成される被写体を撮影する撮像方法において、

前記第1、第2及び第3の階調特性曲線をほぼ同一の点において互いに交差させる撮像方法が提供される。

前述したように、複数の階調特性（ガンマ）を切り換え可能なカメラにおいて、リニア系（ガンマ入力側）で所定の目標値の露出制御を行うと、ガンマ切り換えによって感度（出力信号レベル）が変わってしまう。

そこで本発明では、複数のガンマ特性を持つ撮像装置において、ガンマ切り換えを行った場合にも、平均的露光に対する出力レベルが同一になるような露出制御を行う。具体的には、ガンマ切り換えに応じてガンマ入力側で露出を制御して複数の制御目標値を切り換える、又はガンマ出力側で露出を制御して同一の制御目標値を用いる。これにより、ガンマ切り換えを行っても、平均的露光に対する出力レベルが変化しない。即ち、階調特性を切り換えた場合にも出力レベルを一定に保つことが可能となる。

更に、この発明によれば、

被写体からの光線を受けて被写体画像が形成され、この画像をオリジナル画像信号に変換する撮像素子と、

第1、第2及び第3の階調モードの一方を指定する指定手段と、

この指定されたモードに従って前記撮像素子からのオリジナル画像信号を出力画像信号に変換する変換手段であって、前記出力画像信号は、第1階調モードの指定では、第1階調特性曲線によって規定された第1の階調を有し、第2階調モードの指定では、第2階調特性曲線によって規定された第2の階調を有し、第3階調モードの指定では、第3階調特性曲線によって規定された第2の階調を有する変換手段と、

から構成される被写体を撮影する撮像装置において、
前記第 1、第 2 及び第 3 の階調特性曲線は、ほぼ同一の点において互いに交差する撮像装置
が提供される。

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものが挙げられる。

(1) 特性曲線の交差点は、階調変換特性の入力側の値において、最大信号レベルの 18～20% に対応するように設定されたものであること。

(2) 階調変換特性のうち少なくとも 1 つは、特性曲線の交差点よりも信号値が大きい領域に $kne e$ (ニー) ポイントが設定された $kne e$ 特性を有するように構成されたものであること。

前述したように、複数の階調特性 (ガンマ) を切り換え可能なカメラは公知であるが、リニア系 (ガンマ入力側) で所定の目標値の露出制御を行うと、ガンマ切り換えによって感度 (出力信号レベル) が変わってしまう。

そこで本発明では、複数のガンマ特性を持つ撮像装置において、ガンマ入力側における露出制御目標値 (推奨平均露光レベル) が同一であり、その点で複数のガンマカーブがクロスするようにする。3 つ以上の特性を有する場合は、全てが共通のクロスポイントを持つようにする。このような構成にすれば、ガンマ特性を切り換えた場合にもクロスポイントにおける出力レベルは同じとなり、このクロスポイント付近に関しては、階調特性を切り換えた場合にも感度や出力レベルを一定に保つことが可能となる。

また、クロスポイントは、入力フルスケールの 18～20% ($\pm 1/3 EV$) 対応点とする。この値は、被写体レンジの対数的中点付近であり、主要被写体に対応する可能性が最大の領域が被写体レンジの対数的中点付近であることから、最良の選択と言える。また、特性を交差させつつレンジを確保するために $kne e$ 特性を持たせる。これにより、ガンマが大きい場合に被写体再現域が狭くなるのを防ぐことができる。

より、更に、この発明によれば、

マトリクス配列された多数の画素素子及びインターライン型電荷転送路

を有し、当該撮像素子上に被写体の像が形成されて前記画素素子から画素が発生される撮像素子と、

この撮像素子を駆動してこの撮像素子から画素を画像信号として読み出す駆動手段であって、この駆動手段は、前記画素を加算して加算された画素を画像信号として読み出す加算モードを設定する駆動手段と、

前画像信号を量子化するA/D変換手段と、

、前記A/D変換手段における最大量子化レベルを設定する量子化レベル設定手段であって前記加算読み出しの加算数に従って最大量子化レベルが可変される量子化レベル設定手段と、

から構成される撮像装置
が提供される。

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものが挙げられる。

(1) 撮像素子に対する露光量を制御する露出制御手段を有し、量子化レベル設定手段は、加算読み出しの加算数と共に、露出制御手段が設定した露光量の目標値に対応して量子化最大レベルを可変設定するように構成されていること。

(2) インターライン型電荷転送路は、マトリクス配置された画素に隣接して縦列方向に配置された複数本の垂直転送路とこれらの垂直転送路の端に隣接して横列方向に配置された水平転送路からなり、駆動手段は、垂直方向に隣接する画素に対する信号加算を水平転送路内で行い、水平転送路の出力端に接続された出力アンプ部で水平方向に隣接する画素に対する信号加算を行うように構成されていること。

(3) 駆動手段による加算画素数は、水平、垂直方向で同じであること。

(4) 撮像素子は、CCD撮像素子であること。

本発明によれば、駆動手段による加算読み出しの加算数に対応して、量子化レベル設定手段によりA/D変換手段における量子化最大レベルを可変設定することにより、信号加算に伴ってA/D入力電圧がA/Dの量子化最大電圧を超える現象を抑制することができ、これによりA/D変換手段で加算信号がクリップされるのを未然に防止することができる。従って

、A/D変換手段におけるクリップによる画質劣化を招くことなく、アナログ加算方式の画素情報加算による感度向上撮影が可能となる。

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means of the instrumentalities and combinations particularly pointed out hereinafter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention, and together with the general description given above and the detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

図1は、本発明の一実施形態に係わるデジタルカメラの回路を概略的に示すブロック図である。

図2は、図1に示した階調変換部で利用される階調特性曲線であって、階調特性と露出目標値との関係を説明する為の階調特性曲線を示すグラフである。

図3は、図1に示されたデジタルカメラにおける γ 値を選択的に設定する場合における設定手順を示すフローチャートである。

図4は、図1に示されたデジタルカメラにおける γ 値を選択的に設定する場合における露出目標の設定手順を示すフローチャートである。

図5は、同様に図1に示した階調変換部で利用される階調特性曲線であって、階調特性と露出目標値との関係を説明する為の階調特性曲線を示すグラフである。

図6は、図1に示されたCCD撮像素子の基本構造を概略的に示す平面

図である。

図 7 は、図 1 に示されたプリプロセス回路を概略的に示すブロック図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

以下、図面を参照してこの発明の実施形態に係るデジタルカメラの詳細を説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態に係るデジタルカメラの回路構成を示すブロック図である。この図 1 において、符号 101 は、被写体を撮影する為の各種レンズからなる撮影レンズ系であり、102 は、被写体に応じてレンズ系 101 を駆動するためのレンズ駆動機構であり、このレンズ駆動機構 102 によって撮影レンズ系 101 が駆動されて被写体に撮影レンズ系 101 がフォーカスされる。被写体からの反射光線は、レンズ系 101 を介して露出制御機構 103 に含まれる絞りを介して CCD 105 に向けられる。露出制御機構 103 では、絞り(stop)が調整されてこの絞りを通過する光線が制御されて露光量が制御される。絞りを通過した光線は、ローパス及び赤外カット用のフィルタ系 100 及びメカシャッタ 104 を通過して CCD カラー撮像素子(CCD color pickup unit) 105 に入射され、この CCD カラー撮像素子 105 の撮像面(imaging arrays)上に被写体像が形成される。撮像素子 105 は、CCD ドライバ 106 によって駆動され、撮像面(imaging arrays)上の被写体像は、画像信号に変換される。この画像信号は、画像信号の増幅率、即ち、ゲインを制御するゲインコントロールアンプ 107 A 及び増幅された画像信号をデジタル画像信号に変換する A/D 変換器等を含むプリプロセス回路 107 で処理される。このデジタル画像信号は、色信号生成処理、マトリックス変換処理、その他各種のデジタル処理を行うためのデジタルプロセス回路 108 で処理され、カードインターフェース 109 を介して CF 等のメモリカード 110 に格納される。また、デジタルプロセス回路 108 からの画像信号に基づいて LCD 画像表示系 111 でその画像が表示される。

また、図1中の符号112は、図1に示した各部を統括的に制御するためのシステムコントローラ（CPU）、符号113は、階調特性、即ち、 γ 特性を指定する、実際には、標準モード、軟調(soft)モード或いは硬調(hard)モードを設定するモード設定SW113Aを含む各種SWからなる操作スイッチ系、114は、デジタルカメラの操作状態及びモード状態等を表示するための操作表示系、115はレンズ駆動機構102を制御するためのレンズドライバ、116は、撮影時に撮影光線を発光するストロボ、117は、露出制御機構103及びストロボ116を制御するための露出制御ドライバ、118は各種設定情報等を記憶するための不揮発性メモリ（EEPROM）を示している。

この実施形態に係るデジタルカメラにおいては、システムコントローラ112が統括的に各部を制御している。特に、システムコントローラ112は、露出制御機構103とCCDドライバ106によるCCD撮像素子105の駆動を制御して露光（電荷蓄積）を制御している。CCD撮像素子105からの画像信号の読み出も同様にシステムコントローラ112によって制御されてプリプロセス回路107を介してデジタルプロセス回路108に画像信号が取り込まれる。さらに、システムコントローラ112の制御下で画像信号は、各種信号処理を施された後にカードインターフェース109を介してメモリカード110に記録される。なお、CCD撮像素子105は、例えば縦型オーバーフローレイン構造のインターライン型でプログレッシブ（順次）走査型のものが挙げられる。

また、図1に示されるデジタルプロセス回路108には、同一の画像信号に対して異なる階調特性の画像信号を生成することができる階調変換部108Aが設けられている。操作スイッチ113内のモード設定SW113Aで階調特性、即ち、 γ 特性が設定されると、その設定されたモードの階調指定信号がシステムコントローラ112に供給され、このシステムコントローラ112がデジタルプロセス回路108の階調変換部108Aに対して変換されるべき階調、即ち、 γ 値を指定することとなる。また、システムコントローラ112による階調の指定に伴い、同様にデジタルプロ

セス回路 107 のゲインコントロールアンプ 107A でゲインが指定された階調に従ってシステムコントローラ 112 の指令で設定される。更に、システムコントローラ 112 から露出制御ドライバ 117 に指定された階調の情報が与えられ、露出制御ドライバ 117 により選択した階調特性に応じて露出が制御される。

図 2 は、図 1 に示されたデジタルカメラにおいて制御可能な階調特性及び露出目標値を示すグラフである。この図 2 のグラフにおいては、説明を簡略化するために、入力デジタル値及び出力デジタル値は、ともに 8 ビットデータを仮定し、図 2 中の実線は、標準モードの階調 ($\gamma = 0.45$) の特性を示すグラフであり、破線は、 $\gamma = 0.7$ のモードにおける階調特性を示すグラフであり、一点鎖線は、 $\gamma = 1$ のモードにおける階調 (入力デジタル値に対する出力デジタル値が直線的な関係となる。) の特性を示すグラフである。なお、図 1 に示されるデジタルカメラでは、モード設定スイッチ 113A でデフォルトの「標準」から他の 2 つのモード ($\gamma = 0.7$ 及び $\gamma = 1$) に切り換えて何れも γ 値をも選択できる。

標準モード ($\gamma = 0.45$) は、実際には、デジタルカメラの標準規格である JEIDA DCF 規格の推奨特性: $y = 1.099 \times x^{0.45} - 0.099$ である。(ただし、 $x = \text{入力} / 255$, $y = \text{出力} / 255$ であり、この式は、 $x \geq 0.018$ に適用され、 $x < 0.018$ においては $y = 4.5 \times x$ が適用される。)
また、 $\gamma = 0.7$ は、 $y = x^{0.7}$ の特性及び $\gamma = 1$ は、 $y = x$ の特性に相当している。

図 1 に示されるカメラでは、中央重点平均測光で被写体の照度が測定され、測光値 (信号レベル平均値) が露出目標値に等しくなるように、演算又はフィードバック制御により露出制御される。従って、フラット (無パターン) 被写体の場合に得られる出力値が、露出制御目標値に対応する。通常露出条件における主要被写体を想定する場合は、このようなフラット被写体をもって代表或いは代用し得ることは周知である。

デジタルプロセス回路 108 に取り込んだ被写体に関する輝度情報をシステムコントローラ 112 が解析 (演算) することによって被写体輝度が

測光され、この解析結果を基にしてシステムコントローラ 112 が露出制御ドライバ 117 を介して露出制御機構 103 或いはストロボ 116 を駆動することによって露出が制御される。シャッタとして素子シャッタ機能を使用する場合は CCD ドライバ 106 で CCD の駆動を制御することによって実現することができる。

図 2 に示すように、標準 ($\gamma = 0.45$) の場合の露出制御ポイント 46 は、最大入力デジタル値 255 の 18% に相当している。この入力デジタル値 46 は、標準 γ における入力レンジの対数的中点にほぼ相当している。再生系における理想的デガンマ (即ち、トータルリニア) を仮定した場合には、この入力デジタル値 46 は、実際には、再生系の表示レンジの対数的中点に相当する。この入力デジタル値 46 に対応する出力デジタル値は、図 2 から値 104 が相当している。

尚、階調特性の中で、一般的に主要被写体を撮影する場合に、被写体照度に対応する可能性が最も多い領域は、被写体レンジの対数的中点付近である。この領域は、数値的には白レベルと黒レベルの対数的中点である 18% に相当することになる。ここで、白レベルとは、拡散反射率が最高の被写体の反射率約 98% を想定し、黒レベルとは、拡散反射率が最低の被写体の反射率約 3.3% を想定している。この知見に基づいて、写真技術分野においては、以前から被写体を代表する標準反射率の数値或いは評価用の標準反射版の反射率として 18% が採用されている。

但し、本発明者の検討によれば、実際の撮影においては、上記最低反射率の数値を 4% と仮定した対数的中点値 20% を採用した方が良い結果をもたらす場合も多く、この意味で露出制御ポイントの設定値としては 18~20% 程度が最良の結果を得るための設定目標値 (狙い値) ということができる。

ここで、上記は被写体レンジに関して考察されているが、これは撮像一表示系が仮定する理想的なガンマ変換 (即ちトータルリニア) を仮定すればこれは「出力装置 (表示装置)」における最終的な光出力階調 (表示レンジ) においても同様の意味を有している。実際には出力像を観察する場

合の視覚特性に関して、ウェーバーの法則或いはフェヒナーの法則に支配される刺激強度に対する対数的認識特性を前提に、上記「対数的中点」が好ましいとされている。

この意味では、露出制御目標値は、（トータルリニアを仮定した）標準的階調変換特性においては変換入力側（被写体比例信号）の値（上記18～20%）を基準とすべきであるが、これから任意の変換特性に切り換えた場合はむしろ標準特性時においてこれに対応する変換出力側（ガンマ後信号）の値を基準に用いることが望ましい。

また、現実のカメラにおいては、種々の誤差要因があり、また製品評価における許容限界にはある程度の自由度があることも併せて、上記設定目標値に対して概ね $\pm 1/3 \text{ EV}$ の範囲（即ち $18\% - 1/3 \text{ EV} = 14.3\%$ 以上、 $20\% + 1/3 \text{ EV} = 25.2\%$ 以下）にある設定値までは本発明の数値限定範囲に含まれるものであることを付言する。なお、 $\pm 1/3 \text{ EV}$ は、例えばJISやISOなどの規格においても、当該分野における標準的許容誤差範囲として多く採用されている数値である。尚、念のため付け加えれば、さらに誤差が $\pm 0.1 \text{ EV}$ 以下であれば、当該分野においてほとんど全ての場合に、何の条件も無く同一視され得ることは明らかである。

このように制御することによって、主要被写体（測光値によって代表される被写体）は、標準的階調特性における撮像時とほぼ同じ出力輝度域、即ち出力装置（表示装置）における表示レンジの対数的中点付近に輝度が分布する画像として再現される。

さて、モードが切り換えられると、露出制御目標値は、モード切り換えに対応してそれぞれの値71，104に切り換えられる。即ち、 $\gamma = 0.7$ について

の目標値 s は、 $(105/255) = (s/255)^{0.7}$ の解として71が求まり、 $\gamma = 1$ については、 $y = x$ であるから、出力対応値そのまま104である。このとき、露出制御目標値は、入力レンジの対数的中点には対応しなくなるが、主要被写体（測光値によって代表される被写体）の出力レベルは、変化されない。

このように本実施形態によれば、ガンマ値に対する複数の制御目標値（ガンマ出力値が同一となる）を予め設定し、ガンマ特性を切り換える際に、ガンマ入力側でガンマ値に対応して露出を制御し、複数の制御目標値を切り換えることにより、画像信号の平均的レベルをほぼ一定に保つようにしている。このため、ガンマが切り換えられても平均的露光に対する出力レベルが同一になるような露出制御を行うことができ、その有用性は極めて大である。

より具体的に上述した γ 特性の切り替えについて図3及び図4を参照して説明する。なお、以下特記無い限りゲインコントロールアンプ107Aの増幅値は固定されているものとする。

図3および図4は、実際の撮像に先だって行なわれる γ 特性の設定制御およびこれに対応した露出目標値の設定制御を説明するフローチャートであり、カメラの動作全体の制御フロー（メインフロー）において適時に呼び出されて実行されるサブフロー（プログラムにおけるサブルーチンに相当）の形式で表現されている。

ユーザによる γ の指定は、これらのサブフローの実行以前にモード設定スイッチ113Aによって行なわれており、その指定された設定パラメータ（ γA 、 γB 、 γC のいずれか）が図示しないメモリに格納されているものとする。また、ユーザが意図的に γ を指定しない場合にはデフォルト設定 γC が採用される。なお、本カメラにおいてデフォルト設定 γC としては先に説明した図2における標準 γ （ $=0.45$ ）が用いられるものとする。

γ 特性の設定は、図3に従って次のように行なわれる。すなわちシステムコントローラ112は、上記メモリに格納された γ 設定パラメータを読み出し、ステップS2におけるチェックで $\gamma = \gamma A$ が判定されれば、ステップS5においてデジタルプロセス回路108の階調変換部108の変換特性を、 γA に対応した特性（図2における $\gamma = 1$ の特性）に設定する。ステップS2において $\gamma = \gamma A$ が判定されない場合は、次のステップS3におけるチェックで $\gamma = \gamma B$ が判定されれば、ステップS6においてデジ

タルプロセス回路 108 階調変換部 108 A の変換特性を、 γ B に対応した特性（図 2 における $\gamma = 0.7$ の特性）に設定する。ステップ S 3 において $\gamma = \gamma$ B が判定されない場合は、ステップ S 4 においてデジタルプロセス回路 108 の階調変換部 108 A の変換特性を、 γ C に対応した標準 γ 特性（図 2 における $\gamma = 0.45$ の特性）に設定する。そしていずれの場合も最終的にはステップ S 7 によりこのサブフローを終了して、メインフローの所定のステップに戻される。

ガンマ値が設定されると、図 4 に示す露出の目標値の設定処理が開始される。すなわち、システムコントローラ 112 は、ステップ S 12 におけるチニックで $\gamma = 1$ が判定されれば、ステップ S 15 において（入力デジタル値における）露出の目標値を 104 に設定する。ステップ S 12 において $\gamma = 1$ が判定されない場合は、次のステップ S 13 におけるチェックで $\gamma = 0.7$ が判定されれば、ステップ S 16 において（入力デジタル値における）露出の目標値を 71 に設定する。ステップ S 13 において $\gamma = 0.7$ が判定されない場合は、ステップ S 14 において（入力デジタル値における）露出の目標値を 46 に設定する。これらいずれの値も、その時設定された各階調特性においては出力デジタル値 104 に対応している。そしていずれの場合も最終的にはステップ S 17 によりこのサブフローを終了して、メインフローの所定のステップに戻される。

なお、上記実施形態においてはプリプロセス回路 107 中のゲインコントロールアンプ 107 A のゲインを固定していたが、露出制御方法として、通常の提供素子における蓄積電荷量を調節する方法以外に、ゲインコントロールアンプ 107 A を用いて、リニア系における回路ゲインを可変する方法を、単独でまたは併せ用いるようにしても良い。上述したように入力デジタル値 104、71、46 のいずれかが（目標値として）設定されると、図 1 に示されるシステムコントローラ 112 は設定された入力デジタル値を制御目標として露出制御を実行するように露出制御ドライバ 117 をセットすることとなる。また、システムコントローラ 112 は、上述の通りデジタルプロセス回路 108 の階調変換部 108 A に対してモード

設定スイッチ 113A でユーザによってセットされた階調、即ち、 γ で入力デジタル画像信号を出力デジタル画像信号に変換する処理を実行するようにこのデジタルプロセス回路 108 を設定する。

5 撮影が開始されると、設定された階調特性に従って、露出制御機構 103 が制御されて上記露出目標値に基づいた適正露光で被写体の画像が CCD 105 で撮影される。この CCD 105 からの画像信号は、プリプロセス回路 107 を経た後デジタルプロセス回路 108 の階調変換部 108A で所定の γ 変換処理を受けて目標とするデジタル出力値をその中心的な出力値とする画像信号に変換されてメモ리카ード 110 に格納され、また、LCD 111 に供給されて LCD 111 に表示される。

10 以上のように、一連の処理によって、ユーザが階調特性を替えてユーザの好みに応じた撮影をする場合にあって、入力デジタル値の露出目標値が変更されて出力の中心点が一定の基準点に維持された状態で、ユーザの好みに応じた階調特性を有する被写体像に対応した出力がデジタルプロセス回路 108 から出力される。

15 なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。本実施形態では、露出制御をガンマ入力側で行ったが、目標値を 104 と固定してガンマ出力側で行うことも可能である。この場合、出力特性の制御が単純化できる。但し、被写体の平均演算においてガンマ値の影響が生ずる虞がある。

20 図 5 は、この発明の他の実施形態に係る階調特性及び露出目標値の制御系を説明する為のグラフである。この図 5 においては、説明を簡素化するために入出力デジタルデータは、共に 8 ビットデータを仮定している。図中の実線は、標準 ($\gamma = 0.45$)、破線は、 $\gamma = 0.7$ (knee 付き)、一点鎖線は $\gamma = 1$ (knee 付き) の場合のグラフを示している。既に説明した実施形態と同様に、このこの実施形態に係るデジタルカメラでは、モード設定スイッチ 113A において、デフォルトの「標準」から他の 2 つのモード ($\gamma = 0.7$ 、 $\gamma = 1$) のいずれかに選択的に切替えてこれらのモードに設定できる。

既に説明したと同様に、標準 $\gamma = 0.45$ は実際には、デジタルカメラの標準規格である JEIDA DCF規格の推奨特性： $y = 1.099 \times x^{0.45} - 0.099$ である。（ただし、 $x = \text{入力} / 255$ ， $y = \text{出力} / 255$ であり、上記式は $x \geq 0.018$ に適用され、 $x < 0.018$ においては $y = 4.5 \times x$ が適用される。）

この実施形態では、図 5 に示されるような γ 変換特性で入力画像信号を出力画像信号に変換する特性を図 1 に示される階調変換部 108A に与えている。この図 5 に示される γ 特性では、 $\gamma = 1$ ， 0.7 及び 0.45 のグラフのいずれも、ある露出制御ポイント（入力デジタル値 46 及び出力デジタル値 104）を通るように図 2 に示される γ 特性のグラフに夫々係数が乗じられている。換言すれば、 $\gamma = 1$ ， 0.7 及び 0.45 のグラフがある露出制御ポイントで交差するように図 2 に示される γ 特性のグラフに夫々係数が乗じられている。

$$y = 2.2609 \times x$$

$$y = 1.3525 \times x^{0.7}$$

単に図 2 に示される γ 特性のグラフに夫々係数を乗じる場合には、被写体再現域が狭くなってしまう。そこで、図 5 に示すグラフでは、主要被写体の階調領域に対応する上記交差点付近の領域よりも信号値が充分大きい領域である $y > 0.75$ （出力値デジタル値 192 以上）については、いわゆる *knee*（ニー）特性を与えて、主要被写体（即ち交差点付近の領域）に対してはハイコントラストであるが、高レベル領域のみ圧縮をかけることで再現域を確保するように特性を工夫している。

ガンマ変換部 108A の入力側、所謂リニア系と称せられる回路部で制御目標値が常にデジタル値 46 となるように露出が制御される。このときモードを切り換えても感度は変わらず、感度測定基準点が 104 に維持され、従って、主要被写体の出力レベルにおける階調の中心レベルは、変化されない。

この場合図 1 に示されるシステムにおいては、先の実施例と同様に露出制御は、システムコントローラ 112 によって露出制御ドライバ 117

のパラメータが設定されることにより実現されるが、制御目標値は、デジタル値 46 に固定的に設定され、 γ が切り換わっても変化させない。また、 γ 値の設定は、図 3 に示したと同様の手順で設定される。但し、 γ_A 、 γ_B に対応した特性は、それぞれ図 5 における $\gamma = 1$ 、 $\gamma = 0.7$ の特性となる。

なお、この例では 3 つの特性曲線の各交差点は完全に一致しているが、この一致は「事実上の一致」であれば目的を達成することができ充分であることは言うまでも無い。即ち、例えば上記例では 3 特性の交差を取り扱っているから、このうち 2 特性相互について交差点が 1 つ生じる場合には交差点は計 3 点生じ得るが、この 3 点が十分に近接していれば、上記「一致」と全く同様の効果を発揮するものである。

従ってまた、本発明における「共通の特性曲線交差点（1 つの入力値が、選択された特性に係らず同一の出力値に変換されるような点）」とはこのような場合をも含んだ「共通の」であり「同一」を意味することは当然である。また、この場合、事実上の一致の判断に関しても、先の場合と同様に概ね $\pm 1/3 \text{ EV}$ の範囲（相対％表示で、 -20.6% 、 $+26.0\%$ ）が基準となり得る。（あるいは $\pm 0.1 \text{ EV}$ 以下であればさらに望ましいことは勿論である。）

上記のように特性曲線の交差点を表示上の「感度」の測定点に一致させれば、測定、表示上の感度を不変に保つことができる。この観点のみに着目した場合、露出目標値をこの点に合わせることは必須では無い。

つまり、露出制御目標値を特性交差点からずらせば出力レベルは変動するが、それとは無関係に少なくとも測定、表示上の「感度」は一定に保たれるから、これは「露出目標値の設定による出力レベルの一定化」とは異なる独立の効果を有していると言える。

また、出力レベルを一定に保つことに対しての作用に着目したときも、露出制御目標値の設定を特性交差点近傍に設定すれば、仮に若干の設定ずれを含んだとしても、交差点の近傍であるから出力レベル変動は小さく、実用上無視できる程度に納められる可能性が高くなることになる。

そして、特性交差点を感度測定基準点に設定した上で、さらに上記実施例のようにその点に露出目標値を一致させれば、感度不変と出力レベル不変が完全に両立することになり、極めて効果的である。

5 なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態では、デジタルカメラは自動露出機能を有しているものであったが、これに限らずマニュアル露出のみを有したカメラであってもよい。この場合、複数の特性曲線の共通の交差点に相当する被写体露光量或いは出力レベルをそれぞれ「推奨平均露光量」「推奨平均露光レベル」としてカメラの使用（撮影者）に対して提示することによって、撮影者は例えば単体露出計や単独調光機能付き外部ストロボを用いて良好な撮影を行うことができ、その際、露出計やストロボの設定を、階調特性によって切り換える必要が無いという効果を有する。

また、実施形態では、プログレッシブ型のCCD撮像素子を用いている場合について説明したが、信号読み出し方式はこれに限らず、インターレース型であっても良く、さらにCCDに限らず各種の固体撮像素子を用いることができる。また、本発明は必ずしもデジタルカメラに限るものではなく、ムービーカメラに適用することも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

20 上述した実施例において図2及び図3に示す入力デジタル値を大きくする為に加算撮影モードで図1に示されるCCD105の感度を向上してCCD105からの画像信号の出力を大きくすることができる。

25 ところで一方、CCD撮像素子105からの信号を利用するに際して、感度やSNを向上するなどの目的のため、近隣の画素信号同士を加算するいわゆる画素加算技術が知られている。この技術は、例えば、上述した実施例に対して「加算撮影モード」として適用すれば、図1に示されたCCD105の感度が向上されることから、図2及び図3に示す入力デジタル値に対応するCCD105からの画像信号の出力を大きくすることができる。

この加算撮影モードの設定について図1、図6及び図7を参照して説明

する。尚、この加算モードは、図1に示されるモードスイッチ113Aで設定される。

図1に示されるCCD105は、図6に示すように、マトリクス配置されたフォトダイオード201、複数本の垂直CCD202、1本の水平CCD203、及び出力アンプ204から構成されたインターライン(IT)型で、プログレッシブ(順次走査)駆動方式のものを採用しているものとする。ここでは、説明を簡単にする目的でこのCCD105は、モノクロ素子であると仮定する。

また、撮像素子105から出力されてプリプロセス回路107に入力された画像信号は、図7に示すように、リセットレベルと信号レベルの差分を取るための相関二重サンプリング回路(correlated double sampling circuit)(CDS回路)301に入力される。この相関二重サンプリング回路(correlated double sampling circuit)(CDS回路)301において、画像信号からリセット雑音が除去されてOBクランプ回路(OBCLP回路)302に入力される。OBクランプ回路(OBCLP回路)302において、OB(optical black)画素からの信号(OB基準レベル)を基準に画像信号の一部がクランプされる。OBクランプ回路(OBCLP回路)302から出力される画像信号は、A/Dコンバータ303に入力される。そして、このA/Dコンバータ303において、画像信号は、CCDの駆動に対応した所定のサンプリング周波数にてデジタル信号に変換される。

ここで、A/Dコンバータ303は、最小入力レベル(入力0基準)が一侧の基準電圧 V_{refZ} に等しく0Vで、最大入力レベル(即ち最大量子化レベル)が+側の基準電圧 V_{refP} に等しく、この基準電圧 V_{refP} を可変できる。A/Dコンバータ303では、この基準電圧 V_{refP} を変えることにより最大量子化レベルを可変できる。従って、例えば、 V_{refP} が2倍となると、最大量子化レベルは2倍となる。尚、最大入力レベルと基準電圧 V_{refP} は、等しい必要は無く、基準電圧 V_{refP} を変えることにより、最大量子化レベルを可変することができるように

A/Dコンバータ303を含む回路が構成されれば良い。

撮影モードには、モード設定スイッチ113Aで設定される通常撮影モード及び加算撮影モードがある。モード設定スイッチ113Aによって、通常撮影モードからこの加算撮影モードに或いはその逆に切替えることができる。加算撮影モードでは、システムコントローラ112は、CCDドライバ106をこの加算撮影モードに対応する駆動方式に設定し、CCDドライバ106は、CCD105に対してその素子内で複数の画素信号を加算させて信号読み出しするようにこのCCD106を駆動する。即ち、

(1) 毎回の水平ブランキング期間内に n 画素分 (n 転送単位) に相当するVCCD駆動パルスを出力する。具体的には、 $n=2$ とし、垂直方向の2画素を水平転送路内で加算する。

(2) 水平転送に際して、 m 画素加算駆動によって、水平転送路の出力部に設けられたフローティングディフュージョンアンプ (FDA) のディフュージョン部で加算する。即ち、毎回のリセットパルス印加後の電荷転送期間に m 画素分 (m 転送単位) に相当するHCCD駆動パルスを出力する。具体的には $m=2$ とし、垂直加算後の2画素、即ち画素部の4画素が加算される。

上述する方法で水平垂直 2×2 画素が加算される。また、この加算では露光量の目標値は、通常撮影モードの $1/2$ 倍に制御される。更に、A/Dコンバータ303における基準電圧 V_{refP} の大きさが通常モードの2倍に設定される。

このようにすれば、露光量が $1/2$ で4画素加算であることから、撮像素子からは通常の2倍 ($1/2 \times 4 = 2$) の画像信号が出力される。ここで、A/Dコンバータ303の V_{refP} を通常モードの2倍にしていることから、上記の画像信号がA/Dコンバータ303でクリップされることなく (より正確には通常と同じクリップレベルで) A/D変換される。つまり、4画素が加算された場合であっても、加算画素信号がA/Dコンバータ303でクリップされて画質劣化が生じるのを防止することができる。

また、上記説明では露光量は $1/2$ ($1/N$)、加算画素数は4としたが、他の任意の設定もあり得る。例えば、露出制御の目標値が通常と同じ (1倍) であるとする、信号レベルは4倍になるので、 V_{refP} も通常撮影モードの4倍に設定する。これらの関係を下記のテーブル1に示しておく。

テーブル1

4画素加算	露出目標レベル	V_{refP}
N	1	1
Y	$1/2$	2
Y	1	4

また、垂直方向のみの加算 (2画素加算) の場合は下記のテーブル2のようにすればよい。

テーブル2

2画素加算	露出目標レベル	V_{refP}
N	1	1
Y	$1/2$	1
Y	1	2

この垂直方向のみ2画素加算の場合も、AD変換後のデジタル信号処理の始めに水平2画素 (デジタル) 加算平均演算を行うことで、総合的に4画素加算を実現することができる。

ここで、いずれも総合4画素加算であるとして、上記テーブル1またはテーブル2における画素加算時の2種類の露出目標レベル ($1/2$ と 1) に対応する2種類の撮像の差異について補足説明する。目標レベルが $1/2$ の場合は、前述のとおり非加算時と同等のSNと飽和レベルを確保した状態で感度が2倍に向上した撮像に相当している。また、目標レベルが1の場合は非加算時と同じ感度と飽和レベルで、SNが2倍 (6 dB) 向上した撮像に相当している。

このように本実施形態によれば、加算撮影モードにおける加算画素数に対応して、A/Dコンバータにおける基準電圧 V_{refP} を可変し、量子

化最大レベルを可変設定することにより、アナログ加算方式による画素加算を行っても、A/D入力電圧がA/Dの量子化最大電圧を超えるため信号がクリップされてしまう不具合を解消することができる。このため、A/Dコンバータにおけるクリップによる画質劣化を防止しながら、アナログ加算方式の画素情報加算による感度向上撮影が可能となる。

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。本実施形態では、撮像素子としてCCDを用いたが、これに限らずBBD、CID等を含むCTD（電荷転送素子）であれば適用可能である。さらに、加算画素数は4画素や2画素に何ら限定されるものではなく、仕様に応じて適宜変更可能である。

また、「撮像素子から読み出した画像信号を量子化するA/D変換手段における量子化最大レベル」とは、撮像素子出力画像信号に対する相対的な量子化レベルに着目したものであるから、これを可変する手段としては上記実施形態のようにA/Dコンバータの基準電圧を可変するもの以外にも、任意の手段、例えば撮像素子出力画像信号がA/Dコンバータに入力される以前にアンプ又はアッテネータを介挿し、増幅率又は減衰率を可変する、等の構成を使用しても良い。

また、実施形態ではモノクロ撮像装置の例を説明したが、本発明はカラー撮像装置に適用することも可能である。さらに、デジタルスチルカメラに限らず、ムービーカメラを含む任意の撮像装置に適用可能であることは言うまでもない。

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader aspects is not limited to the specific details and representative embodiments shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the general inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.